

安全運転支援のための運転者の感情に基づく ヒヤリハットマップ作成システムの提案

齊藤義仰^{†1} 鈴木清寛^{†1} 中野裕貴^{†2} 西岡大^{†1} 高橋幹^{†3} 村山優子^{†1}

安全な車社会を実現するためには、機械的な側面からの運転支援技術だけではなく、人間的な側面からの運転支援技術が必要である。本研究では、運転者の感情に基づいたヒヤリハットマップ作成システムを提案する。運転者の恐怖と驚きの感情を用いることで、情報の質を維持しながら危険な場所の情報収集を行い、ヒヤリハットマップを自動作成するシステムを実現する。本稿では、実装したプロトタイプシステムの概要と、評価実験の結果について報告する。

A Proposal of a System for Generating a Near Miss Map utilizing Driver's Emotion

YOSHIA SAITO^{†1} KIYOHITO SUZUKI^{†2} YUKI NAKANO^{†1}
DAI NISHIOKA^{†1} TSUYOSHI TAKAHASHI^{†3} YUKO MURAYAMA^{†1}

To make automobiles more safety, it needs to research not only mechanical driving supports but also human driving supports. In this paper, we propose a system for generating a near miss map utilizing fear and surprise emotions of drivers with smartphones. By utilizing fear and surprise emotions, the proposed system can gather information of unsafe locations for drivers keeping quality of the information. The information of unsafe locations is provided to other drivers who pass near the location by smartphones. This paper reports the design and implementation of a prototype system and results of an evaluation experiment.

1. はじめに

車は世界で 11 億台以上[1]、日本で 7600 万台以上[2]が人々に利用されており、現代社会において必要不可欠な存在である。しかし、平成 25 年度は約 63 万件の交通事故が発生し、約 4400 名の死者と約 78 万人の負傷者を出しており[3]、車は人にとって危険な存在であるとも言える。近年の車には、横滑り防止装置(Electronic Stability Control:ESC)やアンチロックブレーキシステム(Antilock Brake System:ABS)等の運転支援技術が導入され、交通事故発生件数は減少してきた。実際に、交通事故件数が最多だった平成 15 年度から現在にかけて、95 万件から 63 万件へと大きく減少した。しかし、ここ数年の交通事故件数の減少は頭打ちし、走行制御などの機械的な側面からの運転支援だけでは限界が見え始めている。最終的に運転性能に影響を与えるのは、車を運転する人間である。交通事故件数をさらに減少させるためには、人間的な側面からの運転支援技術により、安全運転を促すことが必要である。

人間的な側面からの運転支援については、運転者の感情が運転性能に影響を与えることが認知されている。代表的な例として Road Rage[4]がある。Road Rage とは、他車からの割り込みや追い越し等により、運転者が怒りの感情か

ら報復行動を起こし、危険運転を行うようになる現象である。このように、感情という人間的な側面が人の行動に与える影響を検証・応用することが、近年の大きな研究分野となっている。実際に、人間の感情を利用した運転支援の研究が盛んに行われている[11-16]。

本研究では、運転者の感情を利用することで、高品質なヒヤリハットマップの自動生成を行う。ヒヤリハットマップとは、危険な場所の情報を収集し、それらを地図上に表示したものである。既存のヒヤリハットマップにおける危険な場所の情報収集では、アンケートなどを用いて手動で収集する方法と、センサなどを用いて自動で収集する方法がある。しかし、手動のものは手間がかかり、自動のものは情報の質の維持が難しいといった問題がある。そこで我々は、情報取得の自動化に感情を用いることで課題の解決を行う。スマートフォンを用いて、運転者が恐怖・驚きの感情を示した場所を、運転者の顔認識やセンサ情報により自動的に検出する。検出後に、インターネットを介して危険な場所の情報をサーバに蓄積する。蓄積された情報を用いて、記録された場所を通りかかる車に対して危険であることを通知し、運転者に安全運転を促す。

本稿の構成を以下に示す。2 章では、心理学の分野で研究されている人間の感情と、それらの感情を利用した運転支援に関する研究について述べる。3 章では、既存のヒヤリハットマップについてまとめ、その問題点を明らかにする。4 章では、安全運転支援のための運転者の感情に基づくヒヤリハットマップ作成システムを提案する。5 章ではプロトタイプシステムの設計と実装について述べる。6 章

^{†1} 岩手県立大学ソフトウェア情報学部
Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

^{†2} 岩手県立大学大学院ソフトウェア情報学研究科
Graduate School of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

^{†3} 岩手県立大学地域連携本部
Regional Cooperation Head Office, Iwate Prefectural University

で、プロトタイプシステムを用いた実験を行い、高品質なヒヤリハットマップが作成できたかを評価する。最後に、7章で本稿をまとめる。

2. 関連研究

本章では、まず関連研究として基本的な人間の感情について述べる。その後、人間の感情を運転支援に応用するための既存研究を述べ、感情を利用することの必要性を明らかにする。

2.1 人間の感情

人間の感情については、心理学の分野で研究が行われてきた。人間の感情と表情の関係性について、Ekman は6つの基本感情[5]があると述べている。Ekman は人間の表情を調査し、人間の基本感情を「happiness」、「surprise」、「fear」、「sadness」、「anger」、「disgust」の6つに分類した。この6つの基本感情、または「neutral」の感情を追加した7つの基本感情が、画像処理を用いた表情認識の分野で広く利用されている[6-8]。

人間の感情を応用する研究においては、Plutchik の感情モデル[9]がしばしば利用される。Plutchik は人間の感情を「joy」、「trust」、「fear」、「surprise」、「sadness」、「disgust」、「anger」、「anticipation」が属する、8つの基本感情の次元があるとしている。また、垂直方向を感情の強度とした、3次元の円環状モデルとして感情を表現した。当該モデルでは、類似した感情は円状に隣接し、相反する感情は対面に配置されている。また、2つの基本感情の組み合わせとして、「love」、「submission」、「awe」、「disapproval」、「remorse」、「contempt」、「aggressiveness」、「optimism」という8つの複合的な感情を定義している。

Parrot は感情を構造化して分類[10]し、一次感情として「Love」、「Joy」、「Surprise」、「Anger」、「Sadness」、「Fear」の6つに分類している。さらに、一次感情から二次感情、二次感情から三次感情へと派生する、木構造の分類を行っている。

2.2 感情を利用した運転支援

センサを用いて運転者の感情を検知することで、運転者の状態を把握する研究が数多く存在する。Jones ら[11]は、運転者の声から感情を検知する、車内感情認識システムを構築している。Riener ら[12]は、センサにより取得した運転者の心拍変動から、感情を検知する手法を提案している。Haak ら[13]は、運転者の脳波を解析することで感情検知を試みている。さらに、Anzengruber ら[14]は、運転者の顔の表面温度から感情を検知するシステムを作成し、ドライビングシミュレータによる評価を行っている。このように、多様なセンサから得られた情報で、運転者の感情を検知することが可能である。

検知した運転者の感情を利用し、運転者の感情が運転性

能に与える影響の調査や、運転者の感情を利用して安全運転を促す研究もされている。Jeon ら[15]は、運転者の「怒り (angry)」と「恐怖 (fear)」の感情が、運転性能に与える影響を調査した。その結果、怒りの感情を持った運転者は、恐怖の感情を持った運転者よりも、多くの運転ミスをすることがわかった。また、恐怖の感情を持った運転者は、怒りの感情をもった運転者よりも、運転にかかる負担が大きいことがわかり、運転者の感情が運転性能に影響を与えることが示された。Clifford ら[16]は、運転者の感情状態に合わせ、ナビゲーションシステム等の車内音声の感情表現を変化させることで、事故を減らすことができると述べている。運転者の感情が「喜び (happy)」のときは「活気に満ちた (energetic)」車内音声、運転者が「動揺 (upset)」しているときは「落ち着いた (subdued)」車内音声が有効であることが、実験により明らかになった。

このように、運転者の感情が運転性能に影響を与えることが多くの研究によって示されている。車の状態だけではなく、運転者の感情を適切に把握して利用することが、より効果的な運転支援のために必要である。

3. ヒヤリハットマップ

本章では、既存のヒヤリハットマップを取り上げ、作成方法について述べる。また、既存のヒヤリハットマップシステムの問題点を明らかにする。

3.1 既存のヒヤリハットマップ

これまでに、交通安全のためのヒヤリハットマップは多くの自治体や組織によって作成・提供されてきた。ヒヤリハットマップを作成・提供するためには、危険な場所の情報収集と情報提供が必要となるが、本稿では危険な場所の情報収集に焦点を当てる。

危険な場所の情報収集については、大きく分けて2つの方法が存在する。1つ目の方法は、アンケートやインタビュー、Web フォームからといった手動の情報収集である(以後、手動ヒヤリハットマップと呼ぶ)。多くの自治体や組織のヒヤリハットマップ[17-21]は、この方法で作成されている。この方法では、質の高い情報を収集できるが、手間暇が必要であり、リアルタイムな情報取得は難しい。2つ目の方法は、センサ情報を用いて自動的に収集する方法である(以後、自動ヒヤリハットマップと呼ぶ)。例としてはHonda インターナビのSAFETY MAPがある[22]。これらの方法では、加速度センサ等により急ブレーキや悪路地点を検出する。危険な場所の情報収集を自動で行うため手間暇がかからない。しかし、自動車の状態情報のみを用いるため、運転者にとって本当に危険な場所かはわからず、情報の質を維持することが難しいと考えられる。

3.2 比較調査

危険な場所の情報収集について、手動での収集と自動で

の収集の差異を明らかにするため、既存のヒヤリハットマップを比較調査した。本調査では、新潟県南魚沼市六日町駅周辺のヒヤリハットマップ[21]と、Honda の SAFETY MAP[22]における同場所のヒヤリハットマップを利用した。前者のヒヤリハットマップは市民からのアンケート調査により作成されたものであり、手動で情報収集されたマップである（以後、手動ヒヤリハットマップと呼ぶ）。後者は、Honda の専用ナビが $-0.25G$ の加速度を検知し、急ブレーキを踏んだと判断した場所を示したものであり、自動で情報収集されたマップである（以後、自動ヒヤリハットマップと呼ぶ）。

それぞれのヒヤリハットマップを比較した結果、手動ヒヤリハットでは危険な場所と表示されているが、自動ヒヤリハットマップでは表示されていない場所がいくつも存在し、危険な場所の「検出漏れ」があることが確認できた。急ブレーキといった車の状態は変わらないが、運転者が危険だと感じる場所があることがわかる。特に、市街地のようなスピードのでない入り組んだ場所で見受けられた。

一方で、自動ヒヤリハットマップでは危険な場所と表示されているが、手動ヒヤリハットマップでは表示されていない場所も存在し、危険な場所の「誤検出」があることが確認できた。これは、スピードのでる郊外の長い直線道路で見受けられた。スピードがでているため急ブレーキとなっているが、運転者は危険だと感じていない場所があることがわかる。

このように、急ブレーキといった自動車の状態だけでは、「検出漏れ」や「誤検出」が発生し、運転者が危険と感じた場所を正確に把握できないことが確認できた。自動車の状態だけでなく、運転車の状態を把握し、それをヒヤリハットマップに活かすことができれば、より質の高いヒヤリハットマップを自動で作成できるようになると考えられる。

4. 提案システム

本節では、安全運転支援のための運転者の感情に基づくヒヤリハットマップ作成システムを提案する。まず、提案システムの概要について述べた後、システム設計を行う。

4.1 システム概要

提案システムのモデルを図1に示す。提案システムでは、危険な場所の情報収集について、自動車の異常状態および運転者の恐怖と驚きの感情を利用する。自動車の状態情報だけでなく、運転者の状態情報を用いることで、情報の質を維持しながら、危険な場所の情報収集を自動化する。危険な情報の情報提供については、危険な場所付近を通過する運転者に対し、危険を通知することで、運転者に安全運転を促す。本研究では、危険な場所の情報収集について焦点を当てる。

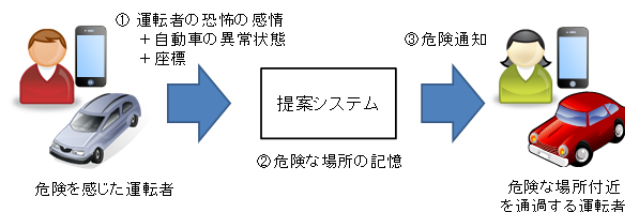


図1 提案システムのモデル

Figure 1 A Model of the Proposed System

4.2 システム設計

提案システムの前提として、より多くの人々が利用できるように、汎用のスマートフォンを利用し、専用デバイスが必要としないシステムとする。そのため、汎用スマートフォンに標準搭載されている、カメラや加速度センサなどの一般的な装置から取得できる情報のみを用いて実現するものとする。

提案システムのアーキテクチャを図2に示す。提案システムの一連の動作は、大きく以下のように分けられる。

- (1) 自動車の異常状態の検出
- (2) 運転者の恐怖と驚きの感情検出
- (3) 危険地点の登録
- (4) 危険な場所付近を通過する運転者への危険通知

(1)については、既存のヒヤリハットマップシステムで用いられている加速度を利用し、急ブレーキ等の自動車の異常状態を検知する。まずは、実装が容易な急ブレーキを対象とし、一定の G がかかった場合に検出する。

(2)については、関連研究の節で前述したように、運転者の感情を検出する様々な研究がされているが、汎用スマートフォンを用いることから、カメラを用いた表情認識による手法を用いる。表情認識による人間の感情検出では、「happiness」、「surprise」、「fear」、「sadness」、「anger」、「disgust」、「neutral」等の基本感情を抱いた時の表情の特徴をデータベース化し、撮影された映像と比較することで、高確率で一致するものを提示する手法である。人間の感情検出において、表情認識はよく用いられる一般的な手法であり、開発ライブラリも数多く存在する。しかし、「happiness(喜び)」の感情検知は比較的容易であるが、「fear(恐怖)」や「surprise(驚き)」等の感情検出は難しいことが知られている。よって、現状の開発環境では、運転者の恐怖の感情検出精度は低いと考えられる。そこで、現段階では恐怖の感情検出精度については本研究の範疇外とし、自動車の状態情報と組み合わせることで、より質の高いヒヤリハットマップの自動作成を目指すこととする。

(3)については、(1)と(2)で得られた情報から危険な場所の判別を行う。自動車が異常状態（急ブレーキ等）で表情認識により一定以上の確率で運転者が恐怖していると検知した時、そこが危険な場所であると判別する。市街地など

のスピードのでない地域にも対応するため、高確率で運転者が恐怖していると検知したとき、自動車の状態に関わらず危険な場所であると判別するものとする。危険な場所であると判別した後、スマートフォンの GPS を用いて座標を取得し、3G/4G 通信回線を用いてインターネット上にあるサーバに座標情報を送信する。クライアントから危険な場所の座標情報を受け取ったサーバは、時刻情報と共に座標情報をデータベースに保存し、ヒヤリハットマップを自動生成する。

(4)については、自動車に設置されたスマートフォン（クライアント）は、(3)で自動生成したヒヤリハットマップの情報を定期的に取得するものとする。この時、自車周辺の情報のみを取得することで効率化を図る。クライアントは GPS により現在位置をリアルタイムで把握し、サーバから取得した危険な場所付近に近づいた際に、危険通知を行う。危険通知の方法は、アイコンと音による通知を一定時間行い、何か危険があることを運転者に認知させる。

本研究のScopeは危険な場所の情報収集であるため、(1)～(3)までの機能を評価対象とする。(4)については、実装は行いが、今回は評価対象としない。

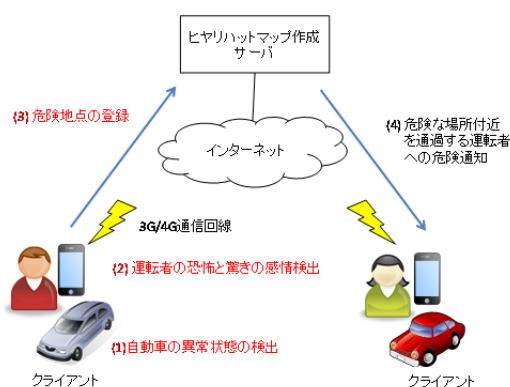


図2 提案システムのアーキテクチャ

Figure 2 A System Architecture of the Proposed System

5. プロトタイプシステム

評価実験を行うため、プロトタイプシステムを実装した。本章では、実装したプロトタイプシステムにおける、急ブレーキの検出、運転者の感情推定、危険地点の登録、ユーザインタフェースの仕様について述べる。

5.1 急ブレーキの検出

急ブレーキ検出機能は、一定の加速度がかかった場合に検出する。加速度の取得はスマートフォンの加速度センサを利用する。本システムを使用する際はスマートフォンを固定した後、基準となる加速度を取得し、基準値からの変化量により加速度を求める。急ブレーキとして検出する加速度は、既存の自動ヒヤリハットマップシステムを参考に $-0.25G$ とした。

5.2 運転者の感情推定

感情推定機能については、表情認識ライブラリとして、clmtrackr [23, 24]を用いて実装を行った。また、予備実験を行い、一定の恐怖・驚きの感情を検知する確率の基準を 30% とした。しかし、市街地などスピードの出ない地域では加速度も変化しづらい。このような地域にも対応するため、高確率で運転者が恐怖していると検知したとき、自動車の状態に関わらず危険な場所であると判断する。高確率で運転者が恐怖・驚いている状態は通常の 2 倍である 60% を閾値とした。

5.3 危険地点の登録

スマートフォンの 3G/4G 通信回線を用いて、Websocket でインターネット上にあるサーバに位置情報・運転者の感情情報・加速度情報を送信する。通常時はクライアントからサーバに対して、5 秒毎に位置情報を送信する。また、危険地点を検出した場合は個別に、危険地点の位置情報・運転者の感情情報・加速度情報を送信する。サーバはデータの蓄積を行う。

5.4 ユーザインタフェース

クライアントのユーザインタフェースを図3に示す。インタフェースには、カメラにより撮影された運転者の顔映像、加速度計により取得された加速度、自車の位置をマップ上にリアルタイムに表示する。位置情報については、スマートフォンに搭載されている GPS を用いて位置座標を取得する。そして、Geolocation API を使用することによりスマートフォンの位置座標が変わる度に位置情報を更新する。またマップ表示機能は一般的に使用されている Google map API を使用し、自車位置はリアルタイムでマップ上に表示される。また、クライアントは定期的にサーバと通信を行い、危険な場所の情報を更新する。そして、クライアントが危険な場所として登録された地点に近づいた場合、警告音と共に警告表示のアイコンを一定時間表示して危険通知を行う。その後、しばらくすると図3の状態に戻る。



図3 クライアントのユーザインタフェース

Figure 3 The user interface of the client

6. 評価実験

本章では、実装したプロトタイプシステムを用いて、危険地点の検出漏れと誤検出を減らすことができたのかを評価した。まず、実験の方法について説明する。次に、実験結果を示し、考察を述べる。

6.1 実験方法

本評価実験では、アンケートにより作成した手動ヒヤリハットマップと、提案システムにより作成された自動ヒヤリハットマップの比較を行った。自動ヒヤリハットマップにおける危険地点の検出漏れと誤検出の割合を検証し、情報の質が向上したのかを評価した。

評価実験に用いた走行ルートを図4に示す。岩手県立大学周辺の住宅地やスピードの速い直線道路、坂道等が含まれる走行ルートとなっている。全長約17kmで1周あたり約30分の走行時間となっている。



図4 評価実験に用いた走行ルート

Figure 4 The driving route in the evaluation experiment

まず、アンケート調査により、手動ヒヤリハットマップを作成した。被験者は岩手県立大学の運転免許を持っている学生30名とした。被験者には、走行ルートの録画映像と現在走行位置をマップによりリアルタイムに見せながら、危険だと感じた場所を回答してもらった。それらの情報を集約し、被験者の1割（3名）以上が回答した場所を、危険な場所として定義した。

次に、自動ヒヤリハットマップを作成するため、プロトタイプシステムを実車両に載せ、走行実験を行った。被験者は岩手県立大学の運転免許を持っている学生20名とした。提案システムの利用モデルとして、運転者が用いることを想定している。しかし、本実験では安全面を考慮し、被験者には同乗者として助手席に乗ってもらい実験を実施した。実験クライアントとしてスマートフォン端末を助手席フロント部に固定し、分析用として走行映像をドライブレコーダにより録画した。

6.2 実験結果

図5に、アンケートにより作成した手動ヒヤリハットマ

ップを示す。アンケート結果を集約し、危険な場所の座標データを、Google Map上に表示したものである。本評価実験では、この手動ヒヤリハットマップを比較の正解データとして扱う。

図6～8に走行実験の結果を示す。図6は加速度センサにより-2.5Gが検出され、急ブレーキを踏んだと判定された地点を示したものである。手動ヒヤリハットマップと比べると、誤検出や検出漏れが目立つことがわかる。またマップ下部の坂道では、過剰に検出していることがわかる。

図7は、急ブレーキが検出され、かつ低い確率で恐怖と驚きの感情が検出された地点（以後、急ブレーキ+低確率感情検出地点と呼ぶ）を示したものである。加速度センサのみを使った場合に比べ、誤検出の箇所を減らすことができていたが、検出漏れが目立つことがわかる。

図8は、図7の地点に高い確率で恐怖と驚きの感情が検出された地点（以後、高確率感情検出地点）を加えた、提案システムが作成した自動ヒヤリハットマップである。図7で、検出漏れとなっていた地点が補完できていることがわかる。次節で、手動ヒヤリハットマップと自動ヒヤリハットマップの詳細な比較と考察を行う。



図5 アンケートにより作成した手動ヒヤリハットマップ

Figure 5 The near miss map created by the questionnaire



図6 急ブレーキが検出された地点

Figure 6 Spots where a harsh braking was detected



図7 急ブレーキで低い確率の驚きまたは恐怖の感情が検出された地点

Figure 7 Spots where low-probability “surprise” or “fear” was detected with a harsh braking



図8 提案システムにより作成された自動ヒヤリハットマップ

Figure 8 The near miss map created by the proposed system

6.3 考察

図9は、手動ヒヤリハットマップと自動ヒヤリハットマップを比較したものである。赤い○で示した箇所は提案システムが誤検出した地点で、青い△で示した箇所は検出漏れした地点である。

誤検出した地点は、計3地点であった。1地点は急ブレーキ+低確率感情検出地点であり、2地点が高確率感情検出地点であった。急ブレーキ+低確率感情検出地点については誤検出が1地点という低い水準を達成できた。また、高確率感情検出地点についても、10地点以上検出された内、2地点と低い水準を達成でき、恐怖と驚きの感情を高確率で検出した地点は、実際に危険な場所である場合が多いことがわかった。

一方で、検出漏れした地点は、計8地点であった。手動ヒヤリハットマップで危険な場所と定義された22地点中、

8地点を検出漏れしていることから、36%の検出漏れがあることがわかる。検出漏れした原因として、感情検出精度が低いことが挙げられる。感情検出精度については、表情認識の手法を改良する他、脈拍や体温の計測などの別の手法を取り入れることで向上できると考えられる。また、本実験では被験者数は20名であったが、本提案システムの実運用を開始して利用が増えれば、データ量が充実し、検出漏れを減少させることができると考えられる。

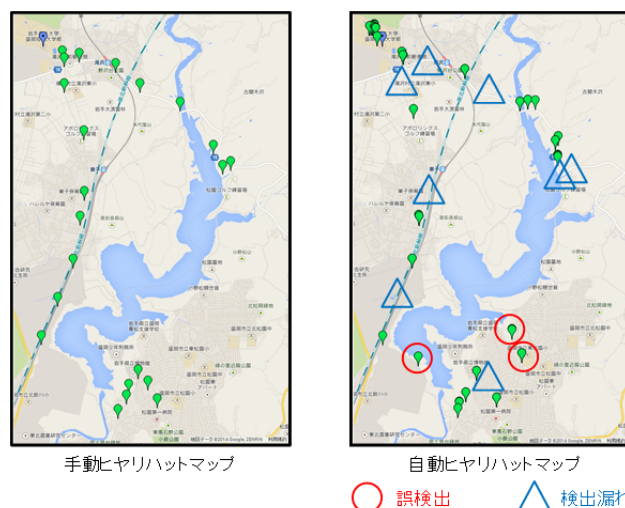


図9 自動ヒヤリハットマップと手動ヒヤリハットマップの比較

Figure 9 Comparison of the automated near miss map with the manual one.

7. おわりに

本稿では、運転者の恐怖と驚きの感情を利用して、高品質なヒヤリハットマップを作成するシステムを提案し、プロトタイプシステムの実装を行った。また、評価実験により、アンケートにより作成した手動ヒヤリハットマップと、提案システムにより作成された自動ヒヤリハットマップの比較を行った。その結果、提案システムで作成されたマップは、危険な場所と誤検出した箇所については、3地点と抑えることができた。危険な場所を検出漏れした割合については36%となり、改善の余地があることがわかった。

今後は、ドライブレコーダの映像から誤検出した原因を追求し、さらに誤検出を減らす方法を考察する。また、感情検出の精度を上げるため、表情認識の手法改善と、表情認識以外の手法での感情検出と組み合わせることも考えていく。

謝辞 本研究は岩手県立大学「平成26年度いわてものづくり・ソフトウェア融合テクノロジーセンター研究課題」の研究助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 日本自動車工業会,
http://www.jama.or.jp/world/world/world_2.html
- 2) 自動車検査登録情報協会,
<http://www.airia.or.jp/number/pdf/01.pdf>
- 3) 警察庁 平成 25 年中の交通事故の発生状況,
<http://www.npa.go.jp/toukei/index.htm#koutsuu>
- 4) Galovski, T. and Blanchard, E.: Road rage: a domain for psychological intervention? *Aggressive Violent Behavior*, Vol. 9, Issue 2, pp. 105-127 (2004).
- 5) Paul Ekman: Facial Expression and Emotion, *American Psychologist*, pp. 384-392 (1993).
- 6) Michael J. Lyons, Julien Budynek, and Shigeru Akamatsu: Automatic Classification of Single Facial Images, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 21, No. 12, pp. 1357-1362 (1999).
- 7) Dragoş Datcu and Leon Rothkrantz: Facial expression recognition in still pictures and videos using active appearance models: a comparison approach, *Proceedings of the 2007 international conference on Computer systems and technologies (CompSysTech)*, No. 112, pp. 1-6 (2007).
- 8) Erica Costantini, Fabio Pianesi and Michela Prete: Recognising emotions in human and synthetic faces: the role of the upper and lower parts of the face, *Proceedings of the 10th international conference on Intelligent user interfaces (IUI)*, pp. 20-27 (2005).
- 9) Robert Plutchik: The nature of emotions, *American Scientist*, pp.344-350 (2001).
- 10) W. Parrott: Emotions in social psychology, Psychology Press (2001).
- 11) Christian Martyn Jones and Ing-Marie Jonsson: Automatic recognition of affective cues in the speech of car drivers to allow appropriate responses, *OZCHI'2005*, pp. 1-10 (2005).
- 12) Andreas Riener, Alois Ferscha and Mohamed Aly: Heart on the road: HRV analysis for monitoring a driver's affective state, *AutomotiveUI'09*, pp. 99-106 (2009).
- 13) Paul van den Haak, Rinde van Lon, Jaap van der Meer and Léon Rothkrantz: Stress assessment of car-drivers using EEG-analysis, *CompSysTech'10*, pp. 473-477 (2010).
- 14) Bernhard Anzengruber and Andreas Riener: "FaceLight" – Potentials and Drawbacks of Thermal Imaging to Infer Driver Stress, *AutomotiveUI'12*, pp. 210-216 (2012).
- 15) Myoungsoon Jeon, Jung-Bin Yim and Bruce N. Walker: An Angry Driver Is Not the Same As a Fearful Driver: Effects of Specific Negative Emotions on Risk Perception, Driving Performance, and Workload, *AutomotiveUI'11*, pp. 137-140 (2011).
- 16) Clifford Nass, Ing-Marie Jonsson, Helen Harris, Ben Reaves, Jack Endo, Scott Brave and Leila Takayama: Improving Automotive Safety by Pairing Driver Emotion and Car Voice Emotion, *CHI'05*, pp. 1973-1976 (2005).
- 17) 埼玉県さいたま市,日進小学校ヒヤリハットマップ,
http://www.city.saitama.jp/001/010/001/p020992_d/fil/nisshin_map.gif
- 18) 千葉県袖ヶ浦市,ヒヤリハット地図 (袖ヶ浦地区),
<https://www.city.sodegaura.chiba.jp/kakuka/toshi/doboku/download/sodegauratiku.pdf>
- 19) 静岡県静岡市,あんしん歩行エリア整備計画,
<http://www.city.shizuoka.jp/deps/dorohozen/anshinhoukoutop.html>
- 20) 和区交通事故マップ (上木崎小学校),
<http://www.saitama-urawaku-minamiku-koutsujikomapp.jp/z/zmap1/h24/s01.html>
- 21) 地域 AD 倶楽部 ヒヤリハットマップ 南魚沼市 (新潟県),
http://www.adclub.jp/common/hiyarihatto/minamiuonuma_niigata.html
- 22) Honda インターナビ SAFETY MAP,
<http://safetymap.jp/>
- 23) clmtrackr, <https://github.com/auduno/clmtrackr>
- 24) Jason M. Saragih, Simon Lucey and Jeffrey F. Cohn: Deformable Model Fitting by Regularized Landmark Mean-Shift, *International Journal of Computer Vision*, Volume 91, Issue 2, pp. 200-215 (2011).